

文章编号: 1673-1719 (2011) 05-0363-06

气候变化风险研究的初步探讨

吴绍洪¹, 潘 韬¹, 贺山峰²

(1 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101;

2 河南理工大学, 焦作 454000)

摘 要: 讨论了气候变化风险的基本内涵, 指出敏感性、暴露程度及可能性是气候变化风险的三个基本组成要素。气候变化风险具有不确定性、未来事件、损害性以及相对性等特征。风险评估与风险管理是气候变化风险研究的两个主要环节, 以风险评估为手段, 以风险管理为最终目标, 是应对气候变化行动的基本思路。提出了气候变化风险研究的初步框架和主要方法。并给出未来气候变化下中国洪涝灾害风险研究的实际案例。最后指出, 气候变化风险研究要从风险集合预测、定量风险损失评估、风险区划与制图以及风险管理等多个方面展开。

关键词: 气候变化; 风险评估; 风险管理; 不确定性

中图分类号: P429

文献标识码: A

引 言

当前, 全球气候变化研究已经取得了重要进展, 包括气候变化的科学基础^[1]、影响和脆弱性、适应^[2]和减缓^[3]等。科学预估未来气候变化的可能影响是开展适应行动的前提。研究气候变化的未来影响, 较早使用的是增量情景^[4]。随着政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 特别排放情景的推出, 逐步以《IPCC 排放情景特别报告》(SRES) 情景替代增量情景, 通过模型模拟不同时段气候情景下的可能影响^[5]。然而, 由于气候情景、模型参数以及社会经济情景等的不确定性, 目前对于未来气候变化影响和脆弱性的研究仍存在较大的难度, 导致人类在适应气候变化的行动中, 很难有针对性地根据气候变化的不利影响进行有效的应对和管理^[6]。如何科学定量评估未来气候变化的影响, 降低不确定性, 是

气候变化研究的重要难题。

风险是不利事件发生的可能性及其后果的组合^[7-8]。科学评估气候变化风险, 开展有针对性的风险管理行动, 是应对气候变化的有效途径。IPCC 第四次评估报告认为气候变化风险研究是继影响、适应性、脆弱性以及综合研究后的又一重要研究内容^[2]。气候变化风险管理作为一种以决策为导向, 而不是以研究为驱动的有效框架, 其应用正在迅速发展^[9]。

国际上已经开展了较多的气候变化风险研究, 如 IPCC 报告将气候变化风险定义为不利气候事件发生可能性及其后果的组合^{[2]133-171}, 世界银行的研究报告认为气候变化风险是特定领域气候变化或气候变异后果的不确定性^[10]。澳大利亚、新西兰等国已经将气候变化风险的评估与管理作为国家适应气候变化战略的重要组成部分^[11-12]。国内学者也开始认识到气候变化风险研究的重要性与必要性, 并呼

收稿日期: 2011-04-12; 修回日期: 2011-06-01

资助项目: 国家“十一五”科技支撑计划课题 (2006BAD20B05, 2007BAC03A02)

第一作者: 吴绍洪 (1961—), 男, 研究员, 从事气候变化影响与适应研究。E-mail: wush@igsrr.ac.cn

通信作者: 潘韬, E-mail: pantao@igsrr.ac.cn

吁尽快系统地开展我国的气候变化风险研究^[13]。本文试图阐明气候变化风险的内涵和所包含的关键要素,初步探讨气候变化风险研究的理论基础和方法,结合实际案例给出气候变化风险评估和管理的研究框架,最后指出气候变化风险研究的主要方向。

1 气候变化风险概念解析

气候变化风险的一般理解包括极端气候事件、未来不利气候事件发生的可能性、气候变化的可能损失、可能损失的概率等。联合国“国际减灾战略”(ISDR)针对自然灾害,将风险定义为自然或人为灾害与承灾体脆弱性之间相互作用而导致的一种有害结果或预料损失发生的可能性。2009年,国际标准组织(ISO)对风险给出的定义是:一个或多个事件发生的可能性及其后果的结合^[8]。结合风险的传统概念以及前人研究,本文给出气候变化风险的定义:气候变化风险是由于气候变化影响超过某一阈值所引起的社会经济或资源环境的可能损失。气候变化风险包括两个基本要素:气候变化对系统的损害程度即不利影响的程度,以及损失发生的可能性。其中,不利影响的程度主要由系统对气候变化的敏感性和系统暴露程度决定。因此,气候变化风险的评估模型可以表达为

$$R_{cc} = f(S, E, P), \quad (1)$$

式中, R_{cc} 为系统的气候变化风险, S 为系统响应气候变化的敏感性, E 为系统暴露程度, P 为损失发生的可能性。

敏感性是指系统对气候变化的响应程度或敏感程度,这种响应可能是有害的,也有可能是有利的。在风险研究中,主要关注有害响应。一般地,敏感性越高,则系统越容易受到气候变化的不利影响,其风险可能越大。系统对气候变化不利事件的敏感性,也可以称之为气候变化对系统的破坏力。暴露程度是指区域或系统暴露于气候变化的程度。暴露程度越高,则其受到气候变化不利影响的风险越大。可能性是指气候变化不利事件发生的概率。可能性评估是气候变化风险研究的重要内容之一,其主要来

源于气候变化的不确定性,包括不同排放情景、不同气候模式等。目前,已经有一些科学家正努力尝试基于多模型与多情景,通过贝叶斯概率的方法估算不同升温程度及其后果的可能性^[9,11]。在概率估计的基础上,评估气候变化导致系统不利后果的总体期望,可以有效地预测气候变化风险,降低不同情景、不同模型单独研究的不确定性。

气候变化风险具有以下特征:1) 不确定性。不确定性是风险的基本特征,即未来气候变化的损失具有可能性。2) 风险是未来的事件。3) 损害性。一般只把气候变化可能不利的影响称为风险。4) 相对性(可变性)。气候变化风险的高低是相对的。对于同一个系统来说,在不同区域,不同时段,其面临的气候变化风险的程度有所不同。

2 气候变化风险的研究框架

气候变化风险研究包括风险评估与风险管理两个关键环节。风险评估是风险管理的基础,是评估未来气候变化可能产生不利影响的程度及其可能性的大小。风险管理是风险评估的最终目标,是通过各种途径或技术手段,最大程度降低气候变化可能导致的损失。

气候变化风险的研究框架包括以下步骤(图1):

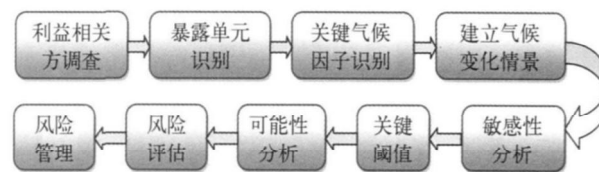


图1 气候变化风险研究框架

Fig. 1 Framework of climate change risk study

(1) 利益相关方调查。通过调查利益相关方,了解不同主体和利益相关方对气候变化风险管理的需求。不同利益相关方关注的对象有所不同。这个环节在实际研究的过程中比较容易被忽视,然而只有充分了解不同利益相关方的需求,才能使风险评估和管理更加具有针对性。

(2) 暴露单元识别。该步骤的主要目的是确定风

险受体。识别暴露于气候系统下的系统单元,如生态系统、水资源、社会经济系统等,暴露单元也可能是某个区域单元。在暴露单元识别后,选取合适的指标体系,评估可能受气候变化影响的系统暴露量。

(3) 关键气候因子识别。该步骤的主要目标是辨识暴露单元的关键气候影响因子。不同暴露单元的关键气候因子可能有所差别,如洪涝风险的关键气候因子可能是降水强度,高温风险的关键气候因子则可能是气温。

(4) 建立气候变化情景。风险分析的目标是定量分析影响阈值与不确定范围之间的关系。因此,需要基于特定的社会经济情景,预估未来不同的气候变化情景。

(5) 敏感性分析。识别不同系统对主要气候因子变化的响应程度,如 1 升温情景下系统可能发生的变化。

(6) 关键阈值。确定关键阈值是气候变化风险研究的关键步骤。气候变化是否达到危险程度,即气候变化的程度是否达到或超过自然或社会经济系统所能承受的范围,一旦达到或超过该范围,则会形成损失,这个范围的临界点即为关键阈值。

(7) 可能性评估。可能性即系统达到或超过关键阈值而导致不利后果的概率,可以通过对不同气候变化情景的集合概率预测得到。可能性的评估是气候变化风险评估的难点之一,主要来源于气候情景的不确定性。

(8) 风险评估。在敏感性、暴露程度以及可能性评估的基础上,进行不同领域或区域的气候变化风险评估,并开展不同时段、不同区域的风险制图工作。

(9) 风险管理。气候变化风险管理是依据风险评估的结果,结合各种经济、社会及其他因素对风险进行管理决策并采取相应控制措施的过程。IPCC 第四次评估报告认为,应对气候变化“涉及一个反复的风险管理过程,该过程包括减缓和适应,同时考虑实际的和可避免的气候变化损失、共生效益、可持续性、公平性和对风险的态度”。

3 未来气候变化下的洪涝风险案例

大多数情况下,洪涝灾害是由某地区短时降水量过大造成的,因此其风险程度与未来降水量及强度的变化密切相关。本文以洪涝灾害为例,评估未来气候变化下的洪涝灾害风险。

3.1 数据获取与处理

气候变化情景数据由中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所气候变化研究组提供,该研究组利用英国 Hadley 气候中心 PRECIS 区域气候模式模拟分析 SRES 的 B2 情景下中国区域 21 世纪的气候变化^[14],空间分辨率为 $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ 。B2 情景下的人口密度和国内生产总值(GDP)密度数据,来自奥地利国际应用系统分析研究所(IIASA)GGI (Greenhouse Gas Initiative)情景数据库。洪涝历史灾情数据(1953—2008年)来自中国民政部国家减灾中心。

3.2 评估方法与指标

选取暴雨日数、最大三日降水量、高程、坡度和距河湖距离(河湖缓冲区)5个指标,利用加权综合评分法建立洪涝致灾危险性评价模型(公式2),对全国各流域洪涝致灾危险性进行评估,即洪涝发生可能性等级。

$$H_F = R_d W_1 + R_3 W_2 + W_3/E + W_4/G + DW_5, \quad (2)$$

式中, H_F 为洪涝致灾危险性指数, R_d 、 R_3 、 E 、 G 、 D 分别代表年均暴雨日数、年均最大三日降水量、高程、坡度和河湖缓冲区量化后的值, W_1 、 W_2 、 W_3 、 W_4 、 W_5 分别为上述指标的权重值。对得到的洪涝致灾危险性指数进行归一化,即得到洪涝致灾危险度。根据危险度值为 $0 \sim 0.35$, $0.35 \sim 0.45$, $0.45 \sim 0.55$, $0.55 \sim 0.65$, $0.65 \sim 1$ 将洪涝致灾危险性划分为 5 个等级。

选择人口密度、GDP 密度和耕地面积百分比作

数据来源: <http://www.iiasa.ac.at/Research/GGI/DB/>。

为承灾体暴露程度的表征指标,分别指示人员、社会财富和农业生产等暴露单元。基于历史灾情数据,分析得到洪涝灾害损失对气候变化(主要是降水强度变化)的敏感性。敏感性与暴露程度的组合即洪涝承灾体易损性,其评估模型为

$$V_F = 0.3444D_{\text{POP}} + 0.3833D_{\text{GDP}} + 0.2722P_F, \quad (3)$$

式中, V_F 为评估区域的洪涝承灾体易损性指数, D_{POP} 为评估区域归一化后的人口密度, D_{GDP} 为评估区域归一化后的GDP密度, P_F 为评估区域内归一化后的耕地面积百分比。

3.3 结果分析

将各单元洪涝致灾危险性(可能性)承灾体暴露程度、洪涝灾害对气候变化敏感性三者进行叠加分析(相乘),即可得到洪涝灾害损失风险度(标准化0~1),再根据风险度值将洪涝灾害风险划分为5个等级。图2即为2021—2050年B2情景下的洪涝灾害风险等级格局。

由图2可以发现,I级风险区域的面积占全国总面积7.4%,县域个数有599个;II级风险区域的面积占全国总面积9.2%,县域个数有509个。I级风险区多集中在华北南部至淮河、长江中下游、珠江流域的部分地区,意味着这些区域的洪涝灾害风险较大。因此,需要针对这些区域气候变化下的洪涝灾害风险采取更完善的管理与防范措施。

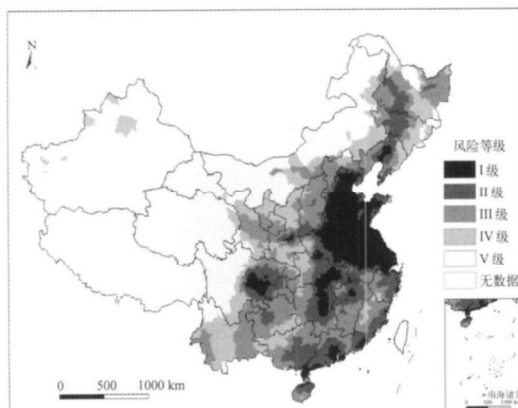


图2 SRES B2情景下2021—2050年中国洪涝灾害风险格局
Fig. 2 Floods risk pattern under SRES B2 scenario during 2021—2050

4 结论与展望

4.1 主要结论

本文在解析气候变化风险概念的基础上,提出气候变化风险研究的基本框架。以洪涝灾害为例,开展SRES B2情景下洪涝灾害风险评估的案例研究。主要结论如下:

(1) 敏感性、暴露程度与可能性是气候变化风险的关键组成要素,开展气候变化风险评估时需要分别对这三要素进行评估。

(2) 风险评估与管理是气候变化风险研究的主要环节,研究步骤包括利益相关方调查、暴露单元识别、关键气候因子识别、建立气候变化情景、敏感性分析、关键阈值、可能性分析、风险评估、风险管理等。风险管理是适应气候变化的关键问题。

(3) 洪涝案例分析显示,华北南部至淮河、长江中下游、珠江流域的部分地区是我国未来气候变化下洪涝灾害的高风险区域。

4.2 研究展望

需要注意的是,我国的气候变化风险研究基础还很薄弱,对于不同领域和区域来说,气候变化风险研究亟待加强。为进一步推动我国气候变化风险研究,未来应围绕以下几个方向继续深入开展研究:

(1) 气候变化风险的集合概率预测方法。由于气候系统的不确定性,可能性预估是气候变化风险研究中的难点之一。本案例中只选取了SRES B2情景,虽然这一情景是比较符合中国中长期发展规划的气候情景,但仍然存在较大不确定性。在气候变化风险评估中,需要进一步拓展降低不确定性的方法,在现有情景预估的基础上,进一步发展集合概率预测的技术手段,建立基于多情景多模式的集合概率预测情景方案。同时加强气候模式模拟研究,降低对气候系统模拟的不确定性,完善气候变化风险研究的技术方法体系。

(2) 定量风险损失与风险等级相结合。气候变化风险评估应该既可以估算气候变化对不同领域的定量风险损失,亦可识别区域气候变化风险的不同等级,即定量风险损失与风险等级相结合。在不

同领域的气候变化风险评估中, 定量风险损失的评估, 有利于适应行动的有效开展; 在综合风险评估中, 风险等级则能更直观反映气候变化风险的空间差异分布。

(3) 气候变化风险区划与制图工作。从国家或区域尺度, 开展气候变化风险制图与区划工作, 是国家应对气候变化的重大需求。气候变化风险地图是气候变化风险研究成果的空间表达方式, 特殊的制图技术与设计是气候变化风险准确表达的关键, 对决策者指导气候变化风险防范具有重要的意义。在不同领域与综合气候变化风险评估的基础上开展气候变化风险区划, 根据风险源、风险类型、风险等级等制订气候变化风险区划的指标体系, 最终形成全国尺度的气候变化风险区划方案, 对于科学规划、管理与防范气候变化风险具有重要作用。

(4) 以风险管理为核心的适应技术体系。适应是应对气候变化的主要途径之一, 也是气候变化风险管理的主要目的。在应对气候变化不利影响的研究与行动中, 需要加强适应气候变化与风险管理的相互联系, 在综合观测、信息共享、气候服务、防灾减灾等方面强化风险研究和成果应用。同时, 气候变化风险的科学管理需要信息技术作为支撑。以决策服务为目的, 基于地理空间信息技术, 构建气候变化风险管理信息系统, 建立气候变化信息数据库以及未来不同气候变化情景方案, 耦合气候变化风险评估模型, 可以实现气候变化风险的实时有效评估。编制气候变化风险管理预案, 存入气候变化风险管理信息系统预案库, 实现气候变化风险管理预案的随时调用, 可以更有效地为各级政府应对气候变化行动提供决策服务。■

参考文献

- [1] IPCC. Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [M]. Cambridge, UK and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2007: 1 - 996
- [2] IPCC. Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of working group II to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2007: 1 - 976
- [3] IPCC. Climate change 2007: mitigation. Contribution of working group III to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [M]. Cambridge, UK and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2007: 1 - 851
- [4] 许吟隆, 黄晓莹, 张勇, 等. 中国 21 世纪气候变化情景的统计分析 [J]. 气候变化研究进展, 2005, 1 (2): 80 - 83
- [5] Nakicenovic N, Davidson O, Davis G, *et al.* Special report on emissions scenarios (SRES). A special report of working group III of the IPCC, WMO, UNEP [M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2000: 1 - 599
- [6] IPCC. Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of working group II to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2001: 145 - 190
- [7] 刘燕华, 葛全胜, 吴文祥, 等. 风险管理——新世纪的挑战 [M]. 北京: 气象出版社, 2005: 1 - 430
- [8] ISO. ISO guide 73: 2009 [S]. Geneva: International Standards Organization, 2009
- [9] Jones R N, Preston B L. Adaptation and risk management: climate change working paper No. 15 [R]. Melbourne: Centre for Strategic Economic Studies, Victoria University, 2010: 1 - 18
- [10] The World Bank. Managing climate risk: integrating adaptation into world bank group operations [R]. Washington, DC: The World Bank, 2006: 1 - 32
- [11] Jones R. A risk management approach to climate change adaptation [M]// Nottage R A C, Wratt D S, Bornman J F, *et al.* Climate change adaptation in New Zealand: future scenarios and some sectoral perspectives. Wellington: New Zealand Climate Change Centre, 2010: 10 - 25
- [12] Standards Australia, Standards New Zealand. AS/NZS Australian/New Zealand standard for risk management: AS/NZS 4360 2004 [S]. Standards Australia, Standards New Zealand, 2004: 1 - 38
- [13] 张月鸿, 吴绍洪, 戴尔阜, 等. 气候变化风险的新型分类 [J]. 地理研究, 2008, 27(4): 763 - 774
- [14] Xu Y L, Zhang Y, Lin E D, *et al.* Analyses on the climate change responses over China under SRES B2 scenario using PRECIS [J]. Chinese Science Bulletin, 2006, 51 (18): 2260 - 2267

Primary Study on the Theories and Methods of Research on Climate Change Risk

Wu Shaohong¹, Pan Tao¹, He Shanfeng²

(1 Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 2 Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, China)

Abstract: This paper discusses the theories and methods of climate change risk study for carrying out basis for the research expansion in China. Climate change risks consist of three basic components including sensitivity, exposure and possibility. Uncertainty, future events, damaging and relativity are the major features of climate change risk. Climate change risk research includes two key steps including risk assessment and risk management, the former is the process, and the latter is the ultimate goal which is the basis for actions to address climate change. We also gave out the main framework and methods for climate change risk research. A case study of China's floods risk was taken to give an example of climate change risk study. Finally, we pointed out some main aspects of climate change risk research including ensemble-based probabilistic projection, quantitative risk assessment, risk zoning and mapping, risk management and so on.

Key words: climate change; risk assessment; risk management; uncertainty

区域气候变化监测与检测学术研讨会在哈尔滨召开

信息与动态

2011年8月18—20日,由中国气象学会气候变化专业委员会、中国气象局气候研究开放实验室、南京信息工程大学和黑龙江省气象局联合举办的“区域气候变化监测与检测学术研讨会”在黑龙江省哈尔滨市隆重召开。来自北京大学、北京师范大学、南京信息工程大学、中国海洋大学、中国科学院大气物理研究所、国家气候中心、中国气象科学研究院、华风气象影视集团、黑龙江省气象局、北京市气象局、沈阳区域气候中心、江西省气候中心等20多个单位的120多位代表参加了学术交流。

区域气候变化监测与检测是气候变化研究的基础领域之一,对于理解全球和区域气候变化的成因、评价气候变化的影响和脆弱性、预估气候变化趋势及其可能影响,具有重要理论和现实意义。本次学术研讨会旨在为各路学者搭建一个平台,交流思想,交流成果,回顾过去,展望未来,共同推进我国区域气候变化监测与检测研究。

中国气象学会理事长、中国科学技术协会副主席秦大河院士,黑龙江省政协副主席李继纯先生,中国气象局科技与气候变化司副司长巢清尘女士,黑龙江省气象局局长杨卫东研究员,国家气候中心副主任罗勇研究员,南京信息工程大学副校长管兆勇教授出席了开幕式。著名

气象节目主持人宋英杰先生和国家气候中心首席专家任国玉研究员主持了开幕式和特邀主题学术报告会。

会议邀请秦大河院士、丁一汇院士、许健民院士、林而达研究员、翟盘茂研究员、罗勇研究员、赵宗慈研究员分别作了有关IPCC WGI最新进展、全球水循环的变化及其区域影响、国际议会间气候变化科学问题讨论、区域气候变化影响的检测、极端气候指数定义若干问题、我国建立碳排放交易市场若干问题和极端气候事件模拟预估等主题演讲,从宏观层面系统地介绍和讨论了全球、区域气候变化监测和检测等热点科学问题。

参加本次研讨会交流的40多篇论文,主要围绕观测资料的非均一性检验和订正方法、城市化对地面观测记录的影响识别和订正方法、区域气候变化监测与检测技术和方法、过去不同时间尺度区域气候变化特征和规律、现代与历史时期极端气候事件频率和强度变化、全球和区域气候年代、趋势变化的影响因子等会议议题开展分析和讨论。研讨会内容丰富,会场气氛热烈。本次学术研讨会取得了圆满成功。

中国气象局国家气候中心 张 雁